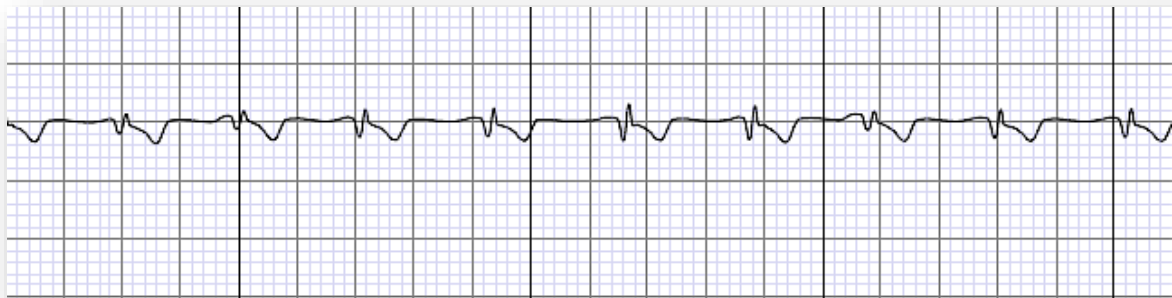


# **Användbarhet av AliveCor (KardiaMobile 1L) för EKG-registrering hos katt i hemmet**

## **Usefulness of AliveCor (KardiaMobile 1L) for ECG-registration in cats in their home enviroment**



*Sandra Dahlström*

*Uppsala  
2020*



# Användbarhet av AliveCor (KardiaMobile 1L) för EKG-registrering hos katt i hemmet

## Usefulness of AliveCor (KardiaMobile 1L) for ECG-registration in cats in their home environment

*Sandra Dahlström*

**Handledare:** Jens Häggström, Institutionen för kliniska vetenskaper

**Biträdande handledare:** Ingrid Ljungvall, Institutionen för kliniska vetenskaper

**Examinator:** Henrik Rönnberg, Institutionen för kliniska vetenskaper

*Examensarbete i veterinärmedicin*

**Omfattning:** 30 hp

**Nivå och fördjupning:** Avancerad nivå, A2E

**Kurskod:** EX0869

**Kursansvarig institution:** Institutionen för kliniska vetenskaper

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2020

**Elektronisk publicering:** <https://stud.epsilon.slu.se>

**Omslagsillustration:** Bild av Sandra Dahlström

**Nyckelord:** AliveCor, KardiaMobile 1L, katt, EKG-registrering, hjärtrytm, hjärtfrekvens

**Key words:** AliveCor, KardiaMobile 1L, cat, ECG-registration, heart rhythm, heart rate



## SAMMANFATTNING

I en undersökningssituation i klinikmiljö har katter ofta en ökad hjärtfrekvens, eftersom de kan uppleva situationen stressande. Detta kan försvåra bedömningen av den kliniska statusen hos katten eftersom en förhöjd hjärtfrekvens dessutom kan indikera en mängd olika sjukdomstillstånd. Vid förekomst av arytmier under den kliniska undersökningen är det viktigt att utreda vilket typ av arytm som föreligger och den kliniska betydelsen av den hos patienten. Vid hjärtauskultation med ett stetoskop, palpation av hjärtstöten eller via ett elektrokardiogram (EKG) kan hjärtfrekvensen mätas och hjärtrytmen undersökas.

EKG-registrering vid klinik innebär emellertid flera moment som kan stressa katter, och kan därmed potentiellt påverka hjärtrytmen och hjärtfrekvensen. Möjligheten att djurägaren själv i hemmet utför EKG-registreringar medför fördelar så som en mindre stressfull miljö för katten. Detta kan vara värdefullt vid utvärdering av hjärtfrekvens och hjärtrytm hos katter för monitorering av eventuella arytmier, utredning av frekventa svimningar, och respons till behandling av dessa tillstånd.

Denna studie syftade till att undersöka användbarheten av ett EKG system, AliveCor Kardia-Mobile 1L, i syfte att monitorera hjärtfrekvens och hjärtrytm i hemmiljö utförd av djurägaren. Dessutom utvärdera tillförlitligheten hos mjukvarans algoritm vid bedömning av hjärtrytm. Avslutningsvis syftade studien till att undersöka om det förelåg skillnader i hjärtfrekvens och hjärtrytm vid EKG-registrering vid klinik respektive i hemmet.

Till studien rekryterades 22 kliniskt friska katter. Initialt genomfördes en klinisk undersökning med fokus på hjärt- och lungstatus, därefter utfördes en hjärtultraljudsundersökning och slutligen en standard EKG-registrering. Nästa steg var att djurägaren registrerade EKG i hemmet med hjälp av KardiaMobile 1L; vilket är en fristående enhet för trådlös EKG-registrering anpassad för smartmobiler via applikationen Kardia. Djurägarna fick till slut svara på en enkät rörande hur de upplevde användbarheten av systemet.

I 99 % av registreringarna överensstämde den automatiska hjärtfrekvensen mellan KardiaMobile 1L med den manuellt uträknade vid tolkning av EKG. En regelbunden sinusrytm identifierades manuellt i 91 % av registreringarna och respiratorisk sinusarytmi i de resterande. Kardia-applikationens algoritm klassificerade emellertid hjärtrytmen som "möjligt förmaksflimmer" (48 %), "oklassificerad" (35 %), "oläslig" (10 %), "för kort" (4 %), "takykardi" (2 %) eller "normal" (1 %). På klinik förekom sinusrytm i 100 % av registreringar. Hjärtfrekvensen var signifikant högre vid auskultation och vid EKG-undersökning utförd på djursjukhuset jämfört med EKG-registreringarna i hemmet med KardiaMobile 1L. Resultatet för utvärdering av användbarheten visade följande: 82 % av djurägarna tyckte att informationen rörande utförandet av EKG registrering var lätt att förstå, samtidigt som 59 % ansåg det praktiska utförande vara medelsvårt.

Konklusionen från studien är att KardiaMobile 1L har en förhållandevis god användbarhet för EKG-registrering vid monitorering av hjärtfrekvens och hjärtrytm hos katt i hemmet. Överensstämmelsen mellan de automatiska och manuella beräkningarna av hjärtfrekvens är hög. Algoritmen är ej tillförlitlig hos katt för bedömning av hjärtrytm, och tolkning av EKG bör av den anledning utföras manuellt.

## SUMMARY

In a clinical environment, stress often causes an increased heart rate in cats. This can make the interpretation of the cats' clinical status more difficult, because an increased heart rate also can indicate a variety of different diseases. In the case of suspected arrhythmias identified during cardiac auscultation, it's important to investigate the type of arrhythmia that occurs and the potential clinical significance. The heart rate and heart rhythm can be characterised in different ways; such as by auscultating the heart using a stethoscope, by palpating the heartbeat or by recording an electrocardiogram (ECG). ECG-registration at the clinic involves several steps that can stress cats and potentially affect the heart rhythm and heart rate. The possibility that the owner performs an ECG-registration at home has benefits, including a less stressful environment for the cat. This can be of value when investigating frequent episodes of fainting and when monitoring potential arrhythmias and response to treatment of these conditions.

The purpose of this study was to evaluate the usefulness of AliveCor KardiaMobile 1L in a population of clinical healthy cats. The aim was to monitor heart rate and heart rhythm in cats by the owner in their home environment, and furthermore, evaluate the reliability of the software algorithm when assessing the heart rhythm. An additional aim was to investigate whether there were any differences in heart rate and heart rhythm in ECG-registrations performed in a clinical environment compared to in the cats' home environment.

The study population included 22 cats. Initially, the cats underwent a general physical examination focussing on the heart and lung status, an echocardiographic examination, and an ECG-registration at the clinic. Thereafter, the cat owner registered an ECG in the home environment using the KardiaMobile 1L system, a handheld device for smartphones for wireless registrations of ECGs. Finally, the owners answered a questionnaire about how they experienced the usefulness of the system.

In 99% of the registrations, the automatic heart rate from KardiaMobile 1L was the same as the manually calculated ones from the ECG interpretation. A sinus rhythm was identified manually in 91% of the registrations and respiratory sinus arrhythmia in the remaining ones. However, the Kardia-application's algorithm classified the heart rhythm as "possible atrial fibrillation" (48%), "unclassified" (35%), "unreadable" (10%), "too short" (4%), "tachycardia" (2%) or "normal" (1%). At the clinic, sinus rhythm occurred in 100% of the registrations. The heart rate was significantly higher during auscultation and ECG-registration performed at the clinic compared with the ECG-registration at home with KardiaMobile 1L. From the questionnaire for evaluating of the usefulness of KardiaMobile 1L 82% responded that the instructions were easy to understand, however 59% responded that the practical registration of ECG at home comparably difficult.

It is concluded that KardiaMobile 1L has a comparably good usefulness for ECG-registration, when monitoring heart rate and heart rhythm in cats at home. The agreement between the automatic and manually obtained values of heart rate is high. However, the software's algorithm is not reliable for evaluating the heart rhythm, and for this reason the ECG interpretation should be done manually.

# INNEHÅLL

INLEDNING .....	1
LITTERATURÖVERSIKT .....	2
Bakgrund till hjärtrytm och hjärtfrekvens .....	2
Uppkomst av hjärtrytm .....	2
Nervsystemets indelning och dess styrning av hjärtfrekvensen.....	2
EKG .....	3
EKG-kurvan .....	3
Uppkomst av avdelningar under EKG-registrering .....	3
Typer av rytmrubbningar .....	4
Hjärtrytm- och hjärtfrekvensmonitorering genom historien.....	6
Monitorering av hjärtfrekvens hos katt.....	6
Svårigheter vid tolkning av hjärtfrekvens och hjärtrytm .....	7
Monitorering i hemmiljö .....	7
AliveCor – ett modernt alternativ för EKG-registrering .....	7
Resultat från tidigare studier.....	9
Katt – 24 timmars Holter-EKG i hemmet .....	9
Katt – miljöpåverkan på vitalvariabler.....	10
Katt och hund – användbarhet av AliveCor .....	10
MATERIAL OCH METODER .....	11
Studiematerial .....	11
Diagnostik.....	11
Klinisk undersökning .....	11
Hjärtultraljud - Philips EPIQ 7G.....	11
EKG - MAC VU360 .....	11
AliveCor KardiaMobile 1L.....	12
Statistik .....	13
RESULTAT .....	14
Hjärtfrekvens .....	14
Hjärtrytm.....	16
Utvärdering av användbarheten av KardiaMobile 1L .....	18
DISKUSSION .....	21
KONKLUSION.....	23
POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING.....	24
REFERENSER.....	26
BILAGA 1.....	1





## INLEDNING

I en undersökningssituation i klinikmiljö har katter ofta en förhöjd hjärtfrekvens, eftersom de kan vara stressade. Detta beror på en ökad aktivitet i det sympatiska nervsystemet och kan försvåra bedömningen av den kliniska statusen hos katten eftersom en förhöjd hjärtfrekvens dessutom kan indikera en mängd olika sjukdomstillstånd. Vid förekomst av arytmier under den kliniska undersökningen är det viktigt att utreda vilket typ av arytmi som uppstår och den kliniska betydelsen av den hos patienten.

Det finns olika sätt att mäta hjärtfrekvensen och undersöka hjärtrytmen, såsom hjärtauskultation, palpation av hjärtstöten eller vid registrering av ett elektrokardiogram (EKG-registrering). En problematik vid EKG-registrering är att det i klinikmiljö förekommer en rad stressfaktorer som potentiellt kan påverka hjärtfrekvensen och hjärtrytmen. Möjligheten att komplettera med att djurägaren själv i hemmiljö kan registrera ett EKG i en mindre stressande miljö har potentiellt flera fördelar. Ett Holter-EKG, som är en 24 timmars kontinuerlig EKG-registrering, kan utnyttjas i detta syfte. Denna metod har emellertid flera nackdelar, bland annat är utrustningen förhållandevis dyr, samt att djuret måste ha en väst eller bandage på sig under ett helt dygn under registreringen. Vidare krävs också ett Holter-EKG som fungerar för användning på katt, som kräver en mindre storlek på utrustning av lättviktigmodell. Dessutom innebär en 24 timmars EKG-registrering att intermittenta arytmier eller synkoper, som uppkommer mer sällan än dagligen, kan missas. Svårigheter som kan uppstå är att somliga katter inte tolererar att bära utrustningen under hela dygnet, vilket är ett påtagligt hinder hos hjärtsjuka katter som riskerar att bli allt för stressade.

Teknologiska framsteg har möjliggjort billigare produkter, såsom fristående enheter kopplade till smartmobiler för EKG-registrering, och dessa system kan definitivt vara värdefulla som diagnostiska verktyg i de fall när Holter-utrustning ej finns tillgänglig eller är möjligt att använda. Exempel på dessa är produkter från AliveCor som finns tillgängliga både för humant och veterinärt bruk. I första hand skulle dessa kunna vara av värde vid utredning av frekventa episoder av synkoper, utvärdering och monitorering av hjärtfrekvens och arytmier hos katter och respons till behandling av dessa tillstånd.

Syftet med denna studie är att utvärdera användbarheten av hård- och mjukvaran på AliveCor KardiaMobile 1L för EKG-registrering vid monitorering av hjärtfrekvens och hjärtrytm hos katt utfört av djurägaren själv i hemmet. Vidare syftar studien till att utvärdera tillförlitligheten hos mjukvarans algoritm vid bedömning av hjärtrytmen. Avslutningsvis är även syftet att undersöka om det föreligger någon skillnad rörande hjärtfrekvens och hjärtrytm vid EKG-registrering i klinik- respektive hemmiljö.

## LITTERATURÖVERSIKT

### Bakgrund till hjärtrytm och hjärtfrekvens

#### *Uppkomst av hjärtrytm*

Hjärtrytmen initieras av sinusknutan hos friska individer, vilken är belägen i höger förmak i hjärtat (Dyce *et al.*, 2010a; Cunningham & Klein, 2007a). Automaticitet innebär förmågan att spontant självaktiveras och därmed generera en aktionspotential, vilket leder till en hjärtrytm. Sinusknutan har den högsta automaticiteten, därefter kommer bland annat atrioventrikulär knutan (AV-knuta) och purkinjefibrerna (Mangoni & Nargeot, 2008). De autorytmiska cellerna genererar aktionspotentialen, vilket leder till att de kontraktile cellerna kontraherar. Via gap junctions, som är en kanalförbindelse mellan celler, möjliggörs fortledningen av aktionspotentialen från cell till cell i förmak respektive kammare. Autorytmiska celler bildar ett retledningssystem i hjärtat som möjliggör effektiv fortledning av aktionspotentialen genom myokardiet, vilket slutligen leder till en i princip synkroniserad kontraktion av förmak respektive kammare (Cunningham & Klein, 2007a; Sjaastad *et al.*, 2012). Retledningssystemet är uppbyggt av sinusknutan, AV-knuta, hiska bunten (med höger och vänster skänkel) och purkinjefibrer. En regelbunden rytm uppstår tack vare att sinusknutan genererar aktionspotentialer regelbundet. Sinusknutan beskrivs därför ofta som hjärtats "pacemaker" (Cunningham & Klein, 2007a; Tilley *et al.*, 2008; Dyce *et al.*, 2010a; Sjaastad *et al.*, 2012).

#### *Aktionspotential*

Aktionspotentialen omfattar depolariserings- och repolariseringsfaser. Depolariseringen kan liknas vid en aktiveringsprocess, medan den efterföljande repolariseringen istället innebär återuppbyggnad av en vilopotential. Under aktionspotentialen förflyttas  $\text{Na}^+$ -,  $\text{K}^+$ - och  $\text{Ca}^{2+}$ -joner mellan det intra- och extracellulära utrymmet genom cellmembranet (Cunningham & Klein, 2007a). I vila har cellen en negativ membranpotential intracellulärt. Detta innebär att koncentrationen av  $\text{K}^+$ -joner är högre intra- än extracellulärt och andelen  $\text{Na}^+$ - och  $\text{Ca}^{2+}$ -joner är högst extracellulärt. Na-gradienten leder till inflöde av  $\text{Na}^+$ -joner in i cellen, vilket innebär en snabb depolariseringsfas. Därefter öppnas Ca-kanaler för långsamt inflöde och allteftersom den negativa membranpotentialen blir mindre negativ öppnas en annan typ av långsamma Ca-kanaler. Till slut när membranpotentialen nått ett positivt värde öppnas K-kanaler och Ca-kanalerna stängs, vilket resulterar i initiering av repolariseringsfasen. I slutet av repolariseringen sluts K-kanalerna. Aktionspotentialen aktiveras på nytt via en ökad permeabilitet i Na-läckagekanalerna (Cunningham & Klein, 2007a; Sjaastad *et al.*, 2012).

#### *Nervsystemets indelning och dess styrning av hjärtfrekvensen*

Kunskap om nervsystemet och den roll det spelar för hjärtats fysiologi är viktigt för förståelsen av hjärtfrekvensens reglering. Nervsystemet hos däggdjur delas in i det centrala (CNS) respektive det perifera nervsystemet (PNS), där hjärnan och ryggmärgen tillsammans utgör CNS (Bagley, 2005; Dyce *et al.*, 2010b). Det perifera nervsystemet grupperas i tre subsystem; det sensoriska, det somatomotoriska och det autonoma systemet. Det sensoriska systemet förmedlar information till CNS, medan det somatomotoriska systemet styr skelettmuskulatur. Slutligen reglerar det autonoma systemet körtlar, hjärtat och glatt muskulatur (Sjaastad *et al.*, 2012).

För att förstå ANS reglering av många av kroppens vitala funktioner krävs en grundläggande kunskap om dess uppbyggnad och funktion (Cunningham & Klein, 2007b). Ordet 'autonom' kommer från grekiskan och betyder oberoende eller självstyrande. ANS ansvarar för den icke viljestyrda regleringen av glatt- och hjärtmuskulatur samt vissa exokrina körtlar. Systemet reglerar exempelvis hjärtfrekvens, blodtryck, tarmmotorik och pupillstorlek (Cunningham & Klein, 2007c). Det autonoma nervsystemet delas in i två undergrupper; det sympatiska och det parasympatiska nervsystemet. Det sympatiska nervsystemet innerverar hela hjärtat, medan det parasympatiska nervsystemet framförallt innerverar sinus- samt atrioventrikulära knutan (AV-knutan). Det sympatiska nervsystemet ökar hjärtfrekvensen och hjärtats kontraktilitet genom frisättning av neurotransmittorn noradrenalin. Detta till skillnad från acetylkinolin i det parasympatiska nervsystemet som istället sänker frekvensen och kontraktiliteten. Det är pacemakercellerna i hjärtat som reglerar hjärtfrekvensen (Cunningham & Klein, 2007c; Sjaastad *et al.*, 2012).

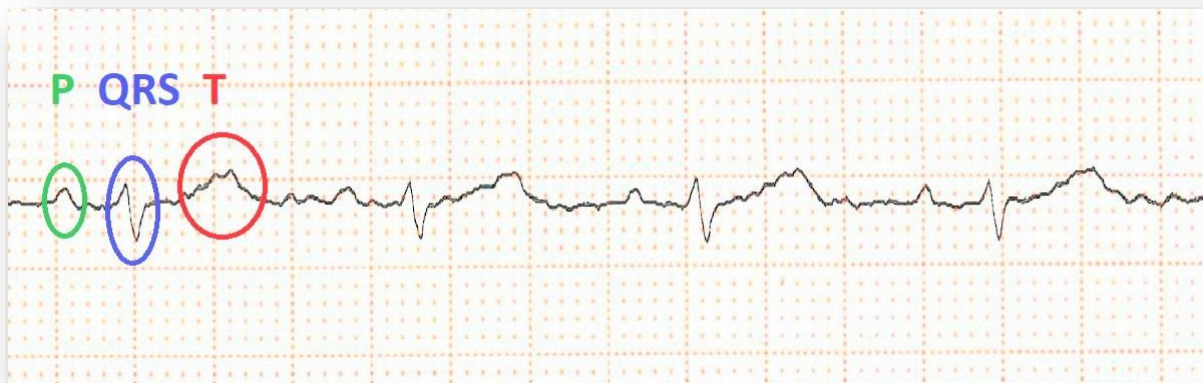
## **EKG**

### ***EKG-kurvan***

En EKG-kurva består av olika faser, se Figur 1. P-vågen kommer först, vilken representerar förmaksdepolarisering. Därefter sker kamrarnas depolarisering som representeras i form av ett QRS-komplex. Samtidigt som QRS-komplexet, sker även förmaksrepolarisering. Detta kan dock som oftast ej utläsas på ett EKG. Avståndet mellan P- och Q-vågen återspeglar det tidsperspektiv det tar för AV-knutan att fortplanta signalen, det vill säga fördröjningen mellan förmaks- och kammardepolarisering. Avslutningsvis avbildas kamrarnas repolarisering med en T-våg (Cunningham & Klein, 2007d; Tilley *et al.*, 2008, Sjaastad *et al.*, 2012).

### ***Uppkomst av avdelningar under EKG-registrering***

Elektrisk ström är vad som inom fysiken kallas en vektor, det vill säga att den har både storlek och riktning. Under depolariseringen uppstår flera spänningsvektorer i myokardiet, som tillsammans bildar en större vektor. EKG-kurvan illustrerar den dominanta strömriktningen under en pågående hjärtecykel vid ett specifikt ögonblick. För att registrera en EKG-kurva, eller avdelning som det också kan benämnas, behövs två eller fler elektroder. Den utforskerande elektroden, även känd som den positiva, brukas liknas vid en 'betraktare'. Det innebär enkelt sagt att det är utifrån dess vinkel som hjärtat studeras. Den negativa elektroden är istället en referenselektrod. EKG-registrering jämför den uppmätta elektriska strömmen i respektive elektrod, vilket ger ett utslag på EKG-kurvan. I de fall vektorns riktning är mot den positiva elektroden, skapar detta ett positivt utslag, till skillnad om det går mot den negativa som istället ger ett negativt utslag (Tilley *et al.*, 2008; Sjaastad *et al.*, 2012), se Figur 2.



Figur 1. Exempel på en EKG-registrering med MAC VU360 hos katt vid klinik. De ovala figurerna markerar P-vågen, QRS-komplexet respektive T-vågen.

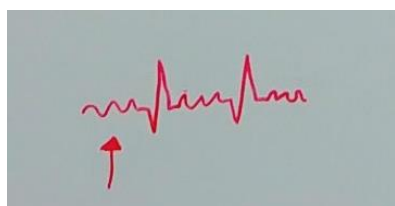
## Typer av rytmrubbningar

Rytmrubbningar, eller arytmier; som det också kan benämnas, kan delas in i tre olika grupper. Den första gruppen omfattar sinustakykardi och sinusbradykardi som klassificeras som onormala frekvenser. I båda fallen innebär det en normal sinusrytm, men med en högre respektive lägre frekvens än normalt. Den andra gruppen är de arytmier som uppstår sekundärt till ektopiska impulser. Det innebär en initiering av en aktionspotential som härstammar från andra områden än sinusknutan. Ektopiska impulser indelas beroende på var de har sitt ursprung, supraventrikulära eller ventrikulära, och när i förhållande till den normala sinusrytmen de sker. Timingen innebär att de antingen är för tidiga (prematura), för sena eller flyktslag (Nelson & Couto, 2005). Den tredje gruppen är arytmier som uppstår på grund av block- eller överledningsabnormaliteter.

Supraventrikulära arytmier innefattar arytmiska episoder som uppkommer ovanför kamrarna. Till den här gruppen hör exempelvis supraventrikulära extrasystolier (se Figur 2), supraventrikulär takykardier (se Figur 2), förmaksflimmer (se Figur 3) och förmaksfladder.



Figur 2. Bild A till vänster illustrerar en prematur supraventrikulära extrasystoli (SVES). Pilen pekar på ett prematurt extraslag. Bild B till höger illustrerar supraventrikulär takykardi, vilken definieras som 3 eller fler SVES i rad vilket leder till en högfrekvent rytm.

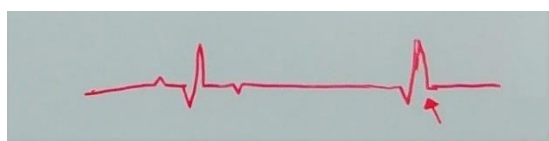


Figur 3. Bilden illustrerar förmaksflimmer. Multipla förmaksimpulser bombarderar AV-knutan, vilken slumpmässigt släpper igenom vissa impulser. Pilen pekar på en den 'vågiga' baslinjen, så kallade F-vågor, vilka är typiska vid förmaksflimmer

Ventrikulära extrasystolier (se Figur 4), kammartakykardi (se Figur 4), flyktslag (se Figur 5) och kammarflimmer är undergrupper till ventrikulära arytmier. Den här typen av rytmrubbningar börjar i ett ektopiskt fokus i kamrarna.

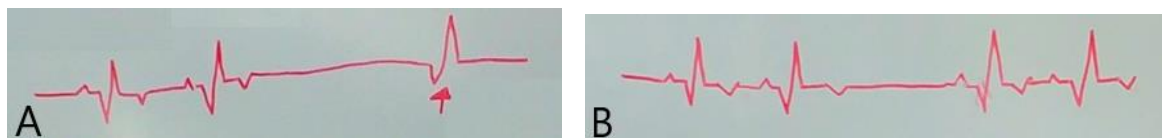


Figur 4. Bild A till vänster illustrerar en prematur ventrikulär extrasystoli (VES) (det sista QRS-komplexet). Bild B till höger illustrerar ventrikulär takykardi, vilken definieras som 3 eller fler ventrikulära extrasystolier i rad.



Figur 5. Bilden illustrerar ett flyktslag som inträffar efter en föregående paus. Vid den här rytmrubbningen är det ett område i AV-knutan eller i retledningssystemet nedan denna som depolariserar. Pilarna pekar på att flyktslaget, som i detta fall är bredare än ett normalt EKG-komplex.

Det finns ett flertal olika typer av block- och överledningsrubbningar. Dessa omfattar exempelvis att AV-knutan inte initierar en hjärtrytm (sinusarrest, se Figur 6A), eller att impulsen blockeras när den skall förlöpa genom hjärtats olika delar (sinusblock (se Figur 6B) eller atrioventrikulär block grad I (se Figur 7), II eller III (se Figur 8)).



Figur 6. Bild A till vänster illustrerar sinusarrest, under vilken ingen impuls från SA-knutan sker. Pilarna pekar på ett flyktslag som, i detta fall, är bredare än normala EKG-komplex. Bild B till höger illustrerar ett sinusblock. Då blockeras den elektriska impulsen från SA-knutan till förmaken.



Figur 7. Bilden illustrerar ett atrioventrikulär block grad I (AV-block I), vilket innebär en förlängd överledningstid mellan förmak och kammare. Pilarna pekar på den förlängda överledningstiden som uppstår vid AV-block grad I.



Figur 8. Bilden illustrerar atrioventrikulär block grad III (AV-block III), vilket innebär att inga överföring av impulser sker mellan förmak och kammare; vilka därmed depolariseras oberoende av varandra.

## Hjärtrytm- och hjärtfrekvensmonitorering genom historien

Från Hippokrates tid drygt 400 år före Kristus fram till år 1816 omfattade auskultering av hjärta och lungor att läkaren placerade sitt öra mot bröstkorgen för att lyssna. Metoden var många gånger svår att utföra, och kunde emellanåt innebära en obekväm situation för humanpatienten. Det största utmaningen var att utföra den så kallade direkta auskultationen på överviktiga personer. Den franska läkaren René Laennec fann en lösning på detta problem när han för drygt två sekel sedan uppfann membranstetoskopet, och genom tekniska innovationer finns numera även elektroniska varianter av stetoskop. Uppfinningen var enastående och möjliggjorde utökad diagnostik av kardiologiska liksom respiratoriska sjukdomar (Tomos *et al.*, 2016). Trots denna uppfinning kvarstod utmaningen att monitorera patienter med intermittent förekomst av arytmier på ett tids- och kostnadseffektivt sätt.

Utvecklingen fortsatte och i slutet på 1800-talet visade den brittiska läkaren Augustus Desiré Waller att det förelåg skillnader i elektrisk aktivitetsnivå beroende på när i hjärtcykeln mätningen görs (Waller, 1887; Cope, 1973). Waller hade i och med detta registrerat det allra första 'elektrokardiogrammet' på humansidan (Waller, 1887; Besterman & Creese, 1979; Kennedy, 2006). Många artiklar beskriver istället den holländske fysiologen och nobelpristagaren Willem Einthoven, som upphovsman av EKG (Besterman & Creese, 1979; Achten & Jeukendrup, 2003; Kennedy, 2006), vilket uppges vara felaktig av flertalet källor (Besterman & Creese, 1979; Kennedy, 2006). Uppfinningen öppnade nya möjligheter inom den medicinska världen, genom att möjliggöra mätning av den elektriska aktiviteten i hjärtat. Inte långt därefter, år 1949, konstruerades ett typ av EKG system som möjliggjorde en fjärrinspelning av hjärtats aktivitet via en radio (Holter & Gengerelli, 1949; se MacInnis, 1954). 12 år senare utvecklade Norman J Holter och hans medarbetare på humansida ett system som erbjöd kontinuerlig EKG-registrering som varade i 10 timmar (Holter, 1961; se Hanås *et al.*, 2009). Nuförtiden utförs vanligtvis ett Holter-EKG under 24 timmar. Det var under 1980-talet som den första trådlösa apparaten för hjärtfrekvensmonitorering utvecklades (Laukkanen & Virtanen, 1998).

## Monitorering av hjärtfrekvens hos katt

Hjärtfrekvens är en viktig vitalvariabel inom de medicinska vetenskaperna, eftersom den bidrar med betydelsefull information om den kliniska statusen hos en patient (Quimby *et al.*, 2011). Hjärtfrekvensmonitorering uppges kunna vara till nytta vid utvärdering av insatt medicinsk behandling (Belew *et al.*, 1999). En normal hjärtfrekvens hos katt varierar från 120 upp till 240 slag per minut (Nelson & Couto, 2005). Det finns många medicinska orsaker till sinusbradykardi respektive sinustakykardi. Bland annat omnämns hypotermi, hypothyroidism, hyperkalemi, ökat okulärt tryck, mediciner (exempelvis betablockare, kalciumkanalblockare), lesioner i hjärnstammen, sjukdomar i sinusknutan, hjärtsvikt (på katt), metabola sjukdomar (uremi) eller ökat intrakraniellt tryck ge upphov till sinusbradykardi. Till skillnad från vid sinustakykardi, där hypertermi, hyperthyroidism, hjärtsvikt (på hund och katt), hypotension, sepsis, toxicitet, dehydrering/hypovolemi, mediciner (exempelvis antikolinerga), chock, smärta och anemi beskrivs vara orsaker (Ettinger, 2005; Nelson & Couto, 2009; Quimby *et al.*, 2011; Smith & Dukes-McEwan, 2012).

## **Svårigheter vid tolkning av hjärtfrekvens och hjärtrytm**

Den stress som djur liksom människor kan uppleva i en klinisk miljö riskerar att påverka kardiovaskulära variabler och därmed försvåra tolkningen av dem (Belew *et al.*, 1999; Manios *et al.*, 2008). ”Situationshypertoni” är ett begrepp för när normotensiva djur, som på grund av stress och oro som de upplever i klinikmiljö istället får ett förhöjt blodtryck (Acierno *et al.*, 2018). Förekomst av situationshypertoni, eller den äldre benämningen vitrockseffekten, har påvisats hos katt i klinikmiljö (Belew *et al.*, 1999). En signifikant hjärtfrekvensstegring samt en förändrad hjärtrytm har setts hos patienter på grund av ett ökat sympatikuspåslag vid EKG-registrering i klinikmiljö (Hamlin, 1989; se Goodwin, 1998; Parati *et al.*, 1998). Vidare har det påvisats kliniskt relevanta skillnader gällande hjärt- och andningsfrekvens uppmätt vid klinik- respektive hemmiljö. Resultatet från en studie påvisade en genomsnittlig hjärt- och andningsfrekvensökning på 33 slag per minut respektive 12 andetag per minut på klinik jämfört med i hemmiljö hos katt (Quimby *et al.*, 2011).

### **Monitorering i hemmiljö**

EKG-registrering i hemmiljö med hjälp av en smartmobil ger dels möjligheter till ökade kunskaper rörande patientens hjärtfrekvens och hjärtrytm. Vidare kan dessa system dessutom bidra till identifiering av arytmier som förekommer intermittent (Bruining *et al.*, 2014). Tidigare Holter-EKG-utrustning utvärderad hos katt vägde omkring 500 gram. Stressen hos katterna från att ha burit utrustningen beskrivs potentiellt ha påverkat hjärtrytmen och hjärtfrekvensen (Ware, 1999). Studier från senaste årtiondet har använt lättvikts Holter-EKG system, som väger 100 gram. Studierna visade att 7–30 % av katterna upplevdes av djurägarna ha svårigheter att vänja sig vid utrustningen, eller ha en lägre aktivitetsnivå än normalt (Hanås *et al.*, 2009; Hanås *et al.*, 2017).

Det finns andra tekniker som istället möjliggör trådlös EKG-registrering, som är framtagna för både humant och veterinärt bruk (AliveCor 2012; AliveCor, 2016). Utvärdering av den här typen av trådlös teknik har på veterinärsidan hos katt och hund gett goda resultat som ett monitoreringsverktyg för hjärtfrekvens och hjärtrytm (Kraus *et al.*, 2016; Vezzosi *et al.*, 2018).

### **AliveCor – ett modernt alternativ för EKG-registrering**

AliveCor möjliggör EKG-registrering i hemmiljö med hård- och mjukvaror anpassade till smartmobiler (AliveCor, 2012; AliveCor, 2016). Utrustningen är betydligt billigare jämfört med Holter-EKG och kräver inte att katten bär en väst eller bandage under registreringen, vilket kan upplevas som stressande av katten och därmed påverka resultatet. Registreringen sker inte kontinuerlig under ett helt dygn, vilket kan vara en nackdel i en del tillfällen, men kan utföras upprepade gånger. Mätning utförs under en förinställd tid på 30 sekunder, som kan ändras till önskad längd, upp till 5 minuter. Dock innebär denna typ av system nackdelar, så som att viktig information missas som sker vid exempelvis vid aktivitet och nattetid. Det finns olika typer av AliveCor produkter, från ett enkelt 1-avlednings-EKG till ett mer avancerat 6-avlednings-EKG.

AliveCor Veterinary Heart Monitor (se Figur 9) är en hårdvara för EKG-registrering hos häst, hund och katt. Systemet är ej avsett för användning på människa. Produkten består av ett mobilskal med två elektroder på baksidan. Hårdvaran möjliggör ett 1-avlednings-EKG och passar

till Apple iPhone (iPhone 4 eller 4s). Den kopplas samman med mobiltelefonapplikationen "AliveECGVet" via blåtandsuppkoppling. Detta innebär att produkten endast kan brukas av iPhone-användare eftersom applikationen endast finns tillgänglig via "App Store". EKG-registreringen som utförs kan sedan skickas via mejl i form av PDF-filer (AliveCor, 2012; Kraus *et al.*, 2016).



Figur 9. *AliveCor Veterinary Heart Monitor.*

KardiaMobile 1L (se Figur 10) är en hårdvara som är framtagen för trådlös EKG-registrering på humansidan. Till skillnad från AliveCor Veterinary Heart Monitor är detta en fristående enhet. Det består av en handhållen enhet med två elektroder. Även detta system möjliggör ett 1-avlednings-EKG. Genom nedladdning av mobiltelefonapplikationen Kardia sker EKG-registrering via signalupptagning av mikrofonen. Produkten kan brukas av samtliga smartmobiltelefon-användare eftersom applikationen finns tillgänglig både för Android och Apple enheter. Två fingrar placeras på respektive elektrod varpå det sker förinställd 30 sekunder lång EKG-inspelning (se Figur 101). Den kan även lagra samt överföra EKG-registreringen. Algoritmen i programvaran bedömer hjärtrytmen som antingen "normal", "möjligt förmaksflimmer", "takykardi", "bradykardi", "oklassificerad" eller information om störningar som förhindrar tolkning. Klassificeringen "normal", "takykardi" eller "bradykardi" sker när hjärtslagen bedöms ha en normal form och inom normalt tidsintervall mellan dem, dock vid olika frekvenser. "Normal" bedöms vid 50–100 slag per minut, "takykardi" 100–140 slag per minut och "bradykardi" 40–50 slag per minut. Vid klassificeringen "oklassificerad" indikerar det på en onormal registrering, "möjligt förmaksflimmer", "takykardi" eller "bradykardi". Vid registreringar där analys ej är möjligt bedöms den som "oläslig" (AliveCor, 2016; AliveCor, 2019; iBeat, 2019).





Figur 10. KardiaMobile 1L.



Figur 11. EKG-registrering med KardiaMobile 1L.

## Resultat från tidigare studier

### **Katt – 24 timmars Holter-EKG i hemmet**

Två olika studier undersökte användningen av ett 24-timmars Holter-EKG hos katt i hemmet. Syftet i respektive studie var att utvärdera hjärtrytm, hjärtfrekvens och antal VES samt SVES (Hanås *et al.*, 2009; Hanås *et al.*, 2017).

I den ena studien deltog 23 kliniskt friska katter och den Holter-EKG-utrustningen som användes var av lättviktsmodell med 3-avledningar (Hanås *et al.*, 2009). I den andra studien användes en likadan Holter-EKG-utrustning, men den gången bestod studiegruppen av 15 katter med primär asymtomatisk (preklinisk) hypertrofisk kardiomyopati (Hanås *et al.*, 2017). I studien med friska katter beskrevs samtliga katter vant sig vid att bära utrustningen efter en kort tid av användning. En något lägre aktivitetsnivå än i normala fall sågs hos 7 av katterna, enligt djurägarna (Hanås *et al.*, 2009). Det skiljde sig något från studien med asymtomatisk hypertrofisk kardiomyopati i vilken det endast var en av femton katter vars ägare upplevde att katten inte hade vant sig vid utrustningen, vilket påverkade kattens aktivitetsnivå (Hanås *et al.*, 2017). Resultatet visade att samtliga katter hade förekomst av normal sinusrytm i båda studierna, med intermittent förekomst av respiratorisk sinusarytmi hos 78 % av de friska katterna respektive 60 % hos de med asymtomatisk hypertrofisk kardiomyopati. Stressnivå hos katterna bedömdes vara låg då det var vanligt med respiratorisk sinusarytmi, vilket beror på en dominant vagusaktivitet (Hanås *et al.*, 2009; Hanås *et al.*, 2017). Resultatet från studien på friska katter visade att hjärtfrekvensens median var 165 slag per minut. Avseende medelhjärtfrekvensen sågs en signifikant skillnad när det gällde kön och ålder. Studien visade en signifikant ökad förekomst av VES hos äldre katter (7–15 år). Medianen bland samtliga katter var tre VES per dygn. Det var endast vid ett tillfälle hos en katt som en SVES registrerades (Hanås *et al.*, 2009). Avslutningsvis visade den senare studien liknande resultat som tidigare studie med kliniskt friska katter gällande hjärtfrekvensen, antal VES och SVES (Hanås *et al.*, 2017).

### **Katt – miljöpåverkan på vitalvariabler**

I en studie undersöktes hjärtfrekvensen och hjärtfrekvensvariabiliteten, samt hur dessa skiljde sig i olika miljöer hos katt (Abbott, 2005). I studien deltog 16 kliniskt friska katter. Inledningsvis registrerades ett kontinuerligt EKG samtidigt som katterna var fasthållna och genomgick en hjärtultraljudsundersökning. Därefter undersöktes katterna i ett lugnt och tyst undersökningsrum på en djursjukhus, för att slutligen utvärdera deras hjärtfrekvens i hemmet. I de båda sistnämnda miljöerna användes en telemetriutrustning för hjärtfrekvensmätning. Resultatet presenteras i Tabell 1. Utifrån detta resultat drogs slutsatsen att katt har ett förhöjt sympatikuspåslag på klinik jämfört med i hemmiljö (Abbott, 2005).

Tabell 1. Undersökning av hjärtfrekvens i olika miljöer presenterade som medelvärde och standardavvikelse (SD)

Miljö	Hjärtfrekvens $\pm$ SD
Under pågående hjärtultraljudundersökning	187 $\pm$ 25 slag/minut
Med hjälp av telemetriapparat i ett lugnt undersökningsrum	150 $\pm$ 23 slag/minut
I hemmet	132 $\pm$ 19 slag/minut

### **Katt och hund – användbarhet av AliveCor**

I en studie från år 2016 undersöktes användbarheten för EKG-registrering med AliveCor, en hårdvara kopplad till en applikation för smartmobiler. Ett standardiserade 6-avlednings-EKG användes eftersom studien innefattade jämförelse mellan hjärtfrekvens och hjärtrytm, uppmätt med de två olika mätmetoderna samtidigt i klinikmiljö. I studien deltog 51 hundar och 27 katter. Resultatet visade på en i princip perfekt överensstämmelse mellan båda mätmetoderna rörande medelhjärtfrekvens. Bedömning av hjärtrytm hade också god överensstämmelse mellan mätmetoderna, dock var överensstämmelsen något lägre för katt än för hund (Kraus *et al.*, 2016).

I en studie från 2018 utvärderades användbarheten för EKG-registrering med AliveCor Veterinary Heart Monitor, för monitorering av hjärtfrekvens och hjärtrytm i hemmiljö. I studien inkluderades 33 hundar, varav 27 var diagnostiserade med en hjärtsjukdom, 4 var friska och resterande hade förekomst av arytmier utan känd bakomliggande hjärtsjukdom. Registreringen skedde fem dagar i följd och bedömdes av därefter en kardiolog och en kardiologresident. 94 % av djurägarna tyckte att registrering med AliveCor Veterinary Heart Monitor var lätt att lära sig och enkel att utföra (svarsalternativ ja eller nej). Slutsatsen var att AliveCor Veterinary Heart Monitor är användbar för undersökning av hjärtfrekvens och hjärtrytm hos hund i hemmiljö. Tekniken kan således användas vid övervakning av hundar med arytmier. Dessutom kan AliveCor Veterinary Heart Monitor användas som ett hjälpmedel för att undersöka eventuell förekomst av hjärtrytmrubbningar hos hundar (Vezzosi *et al.*, 2018).

## MATERIAL OCH METODER

### Studiematerial

Denna studie utfördes vid hjärtmottagningen på Universitetsdjursjukhuset (UDS) under oktober 2019. Till studien rekryterades 22 katter och endast katter som antogs vara hanterbara och kliniskt friska rekryterades. För övrigt användes inga specifika inklusions- eller exklusionskriterier. Alla djurägare signerade ett djurägaremedgivande i samband med deltagande i studien. För att utvärdera användbarheten för AliveCor KardiaMobile 1L fick samtliga djurägaren fylla i en frågeformulär (se Bilaga 1).

### Diagnostik

Samtliga katter som deltog i studien genomgick fyra moment, varav tre utfördes på klinik och det fjärde i hemmiljö genomfört av djurägaren. På kliniken gjordes initialt en klinisk undersökning, därefter utfördes ett hjärtultraljud och slutligen en standard EKG-registrering. Därefter fick djurägarna i turordning låna hem KardiaMobile 1L hårdvaran för att registrera EKG på katten två gånger per dag tre dagar i följd.

#### ***Klinisk undersökning***

I den allmänna kliniska undersökningen ingick mätning av kroppsvikt samt hullbedömning. Den senare bedömdes genom estimering av *body condition score* (BCS) (Royal Canin, 2019). Vidare dokumenterades även pälslängd som delades in i kort- respektive långhårig. Därtill utfördes hjärtauskultation som omfattade bedömning av hjärtrytm, hjärtfrekvens, eventuell förekomst av blåsljud, palpation av femoralpuls och kapillär återfyllnadstid. Slutligen utfördes även lungauskultation med fokus på andningsfrekvens och andningstyp.

#### ***Hjärtultraljud - Philips EPIQ 7G***

Ultraljundsundersökningen utfördes genom att katten lades på sidan och därefter blötlades området för hjärtat på höger sida med alkoholsprit. Ett ultraljudsbord användes, vars utformning möjliggjorde undersökning med ultraljudproben underifrån. Hjärtat undersöktes genom endimensionell (m-mode) och tvådimensionell (2D) ultraljudsteknik i standardvyer för att undersöka hjärtats morfologi, dimensioner och funktion. Även dopplerekokardiografi utfördes för att studera blodflöden. Tidigare publicerade referensvärden för hjärtdimensioner hos katt användes (Hägström *et al.*, 2016).

#### ***EKG - MAC VU360***

EKG-registrering på klinik utfördes genom att EKG-elektroderna kopplades enligt ett standardiserat kopplingsschema där elektroder applicerades på samtliga fyra extremiteter med krokodilklämmor på huden. Elektroder placerades vid respektive armbåge och en i nivå med respektive knä. Områdena spritades med 70 % alkoholsprit för att förbättra den elektriska kontakten. EKG-registreringen pågick mellan 1–3 minuter och en pappers EKG-remsa skrev ut. Positionsmässigt var flertalet katter stående och ett fåtal liggandes på mage under pågående registrering. Utifrån EKG-registrering avlästes hjärtfrekvens och hjärtrytm. Även förekomst av eventuella arytmier undersöktes.

### **AliveCor KardiaMobile 1L**

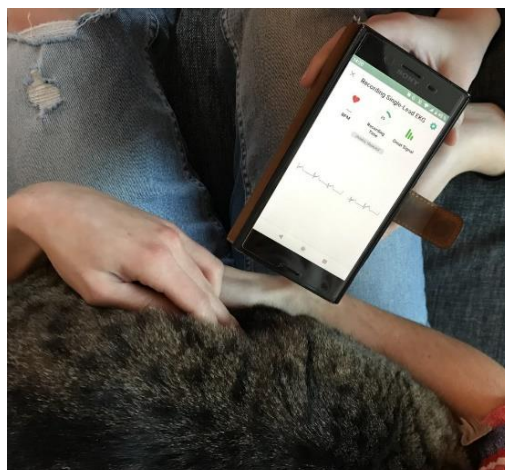
Den teknik som användes i studien var AliveCor KardiaMobile 1L, vilken är framtagen för humant bruk. Denna valdes till studien eftersom den kan användas tillsammans med samtliga smartmobiler (eftersom Kardia-applikationen finns tillgänglig både för Android och Apple-enheter), till skillnad från AliveCor Veterinary Heart Monitor.

Instruktionen till djurägaren var att registrera ett EKG med KardiaMobile 1L två gånger per dag under tre dagars tid. Detta genom att ladda ner applikationen Kardia och därefter upprätta ett konto med lösenord, som gavs till ansvarig veterinärstudent. Vid besöket på UDS gavs muntliga instruktioner och en demonstration av EKG-registreringen utfördes. En instruktionsfilm samt skriftliga instruktioner skickades till samtliga kattägare som deltog i studien. Rekommendationen var att utföra registreringen när katten upplevdes som mest avslappnad, liggandes exempelvis. För att få kontakt med elektroderna rekommenderades djurägaren att blötlägga pälsen på bröstkorgens vänstra sida över hjärtat, göra en bena och därefter applicerades en mindre mängd alkoholgel (*Alcohol Gel Hand Sanitizer (Tork, Göteborg, Sverige)*) på respektive elektrod (se Figur 12).



Figur 12. *KardiaMobile 1L med alkoholgel placerad på elektroderna.*

Registreringsutrustningen placerades mot bröstkorgens vänstra sida över hjärtat (se Figur 13) där hjärtstöten kunde palperas och via mikrofonen på smartmobilen, som hölls eller låg alldeles intill, registrerades ett EKG i Kardia-applikationen (se Figur 14).



Figur 13. Placering av KardiaMobile 1L mot bröstorgen. Figur 14. Pågående EKG-registrering.

EKG-registrering skedde med den förinställda svephastigheten på 25 mm/s, 10mm/mV (denna inställning gick ej att ändra) och varade i 30 sekunder. Tiden för avläsning kan ändras, med upp till en 5 minuter lång inspelning. EKG-registrering skickades i PDF-format till ansvarig veterinärstudent via mail. Tolkning av samtliga EKG-registreringar utfördes i samarbete mellan ansvarig veterinärstudent och handledare.

### Statistik

Alla statistiska undersökningar genomfördes med ett kommersiellt tillgängligt statistikprogram (JMP Pro v 13.0, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Effekten av situation vid registreringen samt individ på uppmätt hjärtfrekvens undersöktes med hjälp av analys av upprepade undersökningar genom en mixed model. Effekter av BCS samt pälstyp (lång- och korthårig) på svårighetsgrad att registrera EKG undersöktes med Chi-2 test. Resterande delar av insamlat material analyserades med deskriptiv statistik. Statistisk signifikans sattes till  $P < 0.05$ . Data presenteras som medelvärde, median och kvartilavstånd (interquartile range, IQR).

## RESULTAT

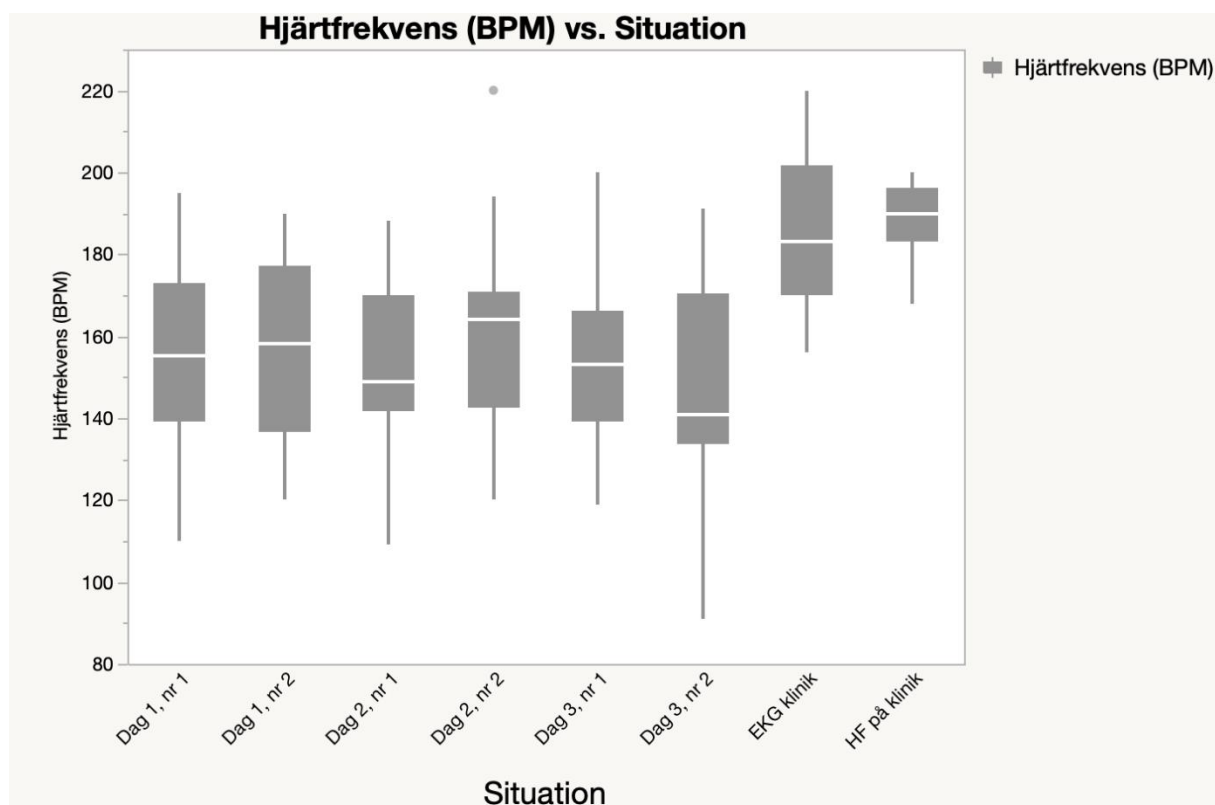
Studiepopulationen bestod av 22 katter, varav 1 katt blev exkluderad från EKG-registreringen i hemmet, eftersom det visade sig omöjligt att registrera EKG på denna katt med KardiaMobile 1L. En katt var diagnosticerad med felin astma och stod på behandling för detta, en katt var diagnosticerad med hypertrofisk kardiomyopati (HCM) och en katt var med diagnosticerad *systolic anterior motion* (SAM). Ingen av de två sistnämnda katterna stod på någon behandling. Resterande studiedeltagare var kliniskt friska. Kön fördelningen var 50 % hanar respektive 50 % honor. Av dessa var en hane intakt och tio hanar kastrerade samt två honor intakta och nio honor kastrerade. Fem av katterna hade tillgång till utevistelse året runt, elva av katterna hade viss tillgång till utevistelse i form av koppelpromenader, balkong eller dylikt och resterande var strikt inne katter. Katterna i studien var av raserna maine coon (4), birma (1), russian blue (1), ragdoll (1) och resterande var korthåriga huskatter. Åldersspannet var från 0,6 år upp till 15,0 år och kvartilavstånden var mellan 1,6–9,5 år (median 3,0 år och medelvärde 5,2 år). Viktspannet hos katterna var från 2,2 kg upp till 8,2 kg med ett kvartilavstånd på 3,7–5,1 kg (median på 4,3 kg och medelvärde 4,5 kg). Katternas *body condition score* hade ett spann från 4 upp till 8 på en niogradig skala med ett kvartilavstånd på 5–7 av 9 (median och medelvärde på 6 av 9).

Fynden för förekomst av blåsljud visade att 5 av katterna (23 %) hade ett blåsljud av lindrig intensitet (grad II/VI) och 1 katt (5 %) ett måttligt blåsljud (III/VI). Utifrån hjärtultraljudet diagnosticerades 1 katt (5 %) med en dynamisk obstruktion av vänster kammars utflöde, så kallad *systolic anterior motion* (SAM) av mitralisklaffen, 2 katter (9 %) diagnosticerades att ha en dynamisk obstruktion av höger kammars utflöde, så kallad *dynamic right ventricular outflow obstruction* (DRVOTO), 1 katt (5 %) att ha fynd som klassades som gränsfall till hypertrofisk kardiomyopati (HCM) och resterade 18 katter (82 %) klassades som normala.

### Hjärtfrekvens

Totalt utvärderades 126 EKG-registreringar (6 per katt). Från 108 av 126 (86 %) EKG-registreringar erhöles av applikationen en automatisk beräknad hjärtfrekvens. I en av dessa 108 (1 %) registreringar var hjärtfrekvensen felaktigt uträknad av applikationen, med mer än 50 slag per minut högre frekvens, jämfört med den som beräknades manuellt genom inspektion av registreringarna. Ett samband sågs mellan avsaknad av beräknad hjärtfrekvens av applikationen och bedömning av hjartrytm: i samtliga av dessa fall (18/126 registreringar) var klassificeringen av hjartrytmerna ”oläslig” eller ”för kort”.

Hjärtfrekvensen var signifikant högre vid auskultation och vid EKG undersökning utfört på djursjukhuset jämfört med EKG-registreringarna i hemmet med KardiaMobile 1L. Ingen signifikant skillnad i hjärtfrekvens förelåg mellan olika registreringstillfällen i hemmet, ej heller mellan hjärtfrekvens uppmätt via auskultation eller EKG-registrering vid klinik för samma katt (se Figur 15 och Tabell 2).



Figur 15. Hjärtfrekvens hos 21 katter uppmätt på djursjukhuset genom auskultation och EKG registrering samt uppmätt i hemmet genom EKG registrering med KardiaMobile 1L. Registreringar i hemmet skedde två gånger dagligen under tre dagar. Grafen visar ett låddiagram där medianvärdet illustreras av den ljusa linjen inne i boxarna. Boxarnas höjd representerar kvartilavståndet och morrhår (whiskers) visar variationsbredden. BPM är en förkortning för beats per minut som är den engelska benämningen för antal hjärtslag per minut.



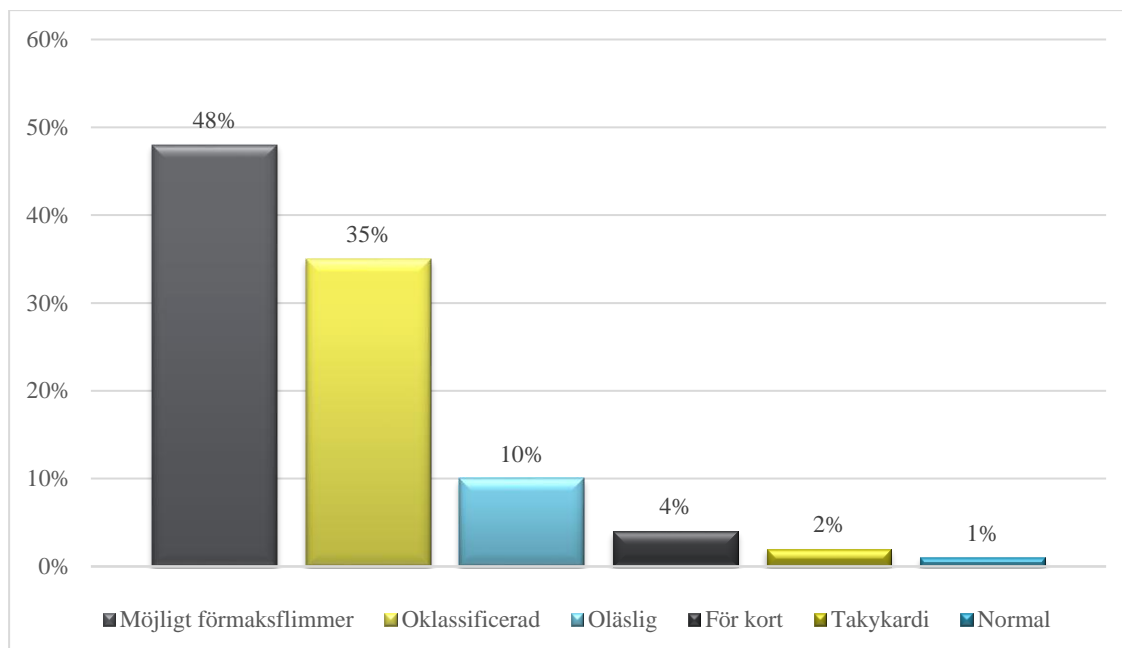
Tabell 2. Indelning i kvartiler av uppmätt hjärtfrekvens vid auskultation och vid EKG-registrering med MAC VU360 på klinik, samt i hemmet med KardiaMobile 1L. Dag 1–3 är registreringar utförda i hemmiljö. Nr är en förkortning för nummer och anger om det är den första eller andra EKG-registreringen för den aktuella dagen (nr 1–2). HF är en förkortning för hjärtfrekvens

Situation	Minimum	10 %	25 %	Median	75 %	90 %	Maximum
<b>HF klinik</b>	168	176	183	190	196	200	200
<b>EKG klinik</b>	156	161	170	183	202	210	220
<b>Dag 1, nr 1</b>	110	114	139	155	173	184	195
<b>Dag 1, nr 2</b>	120	123	136	158	177	186	190
<b>Dag 2, nr 1</b>	109	121	142	149	170	177	188
<b>Dag 2, nr 2</b>	120	129	142	164	171	193	220
<b>Dag 3, nr 1</b>	119	124	139	153	166	186	200
<b>Dag 3, nr 2</b>	91	125	134	141	170	188	191

## Hjärtrytm

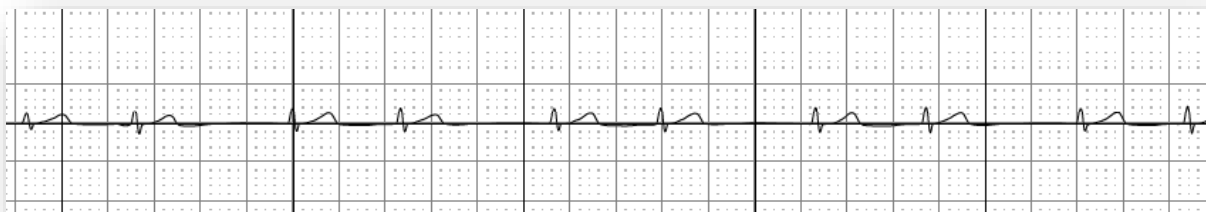
Kardia-applikationens bedömningar av hjärtrytm utifrån EKG-registreringarna sammanställdes och redovisas i stapeldiagrammet i Figur 16. Applikationen klassificerade hjärtrytmen som ”normal” hos endast en katt, vid en enda registrering då katten hade en hjärtfrekvens på 91 slag/minut. Applikationen klassificerade hjärtrytmen som ”takykardi” vid hjärtfrekvenserna 111, 120 respektive 132 slag/minut vid en registrering hos tre olika katter. Samtidigt förekom att applikationen bedömde hjärtrytmen som ”möjligt förmaksflimmer” vid hjärtfrekvenser exempelvis på 109 och 120 slag per minut.





Figur 16. Kardia-applikationens bedömning av hjärtrytmen hos 21 katter.

Vid den manuella tolkningen av EKG-registreringar bedömdes 115/126 (91 %) registreringar ha en sinusrytm och resterande 11 (9 %) ha en respiratorisk sinusarytmi. Förekomst av respiratorisk sinusarytmi sågs hos totalt tre katter: 1 katt hade det i 6/6 (100 %) registreringstillfällen, 1 katt i 4/6 (67 %) registreringstillfällen och 1 katt i 1/6 (17 %) registreringstillfällen. För exempel på EKG-registrering med förekomst av respiratorisk sinusarytmi, se Figur 17. En prematur ventrikulär extrasystoli sågs på en registrering, se Figur 18.



Figur 17. Exempel på EKG-registrering med respiratorisk sinusarytmi.

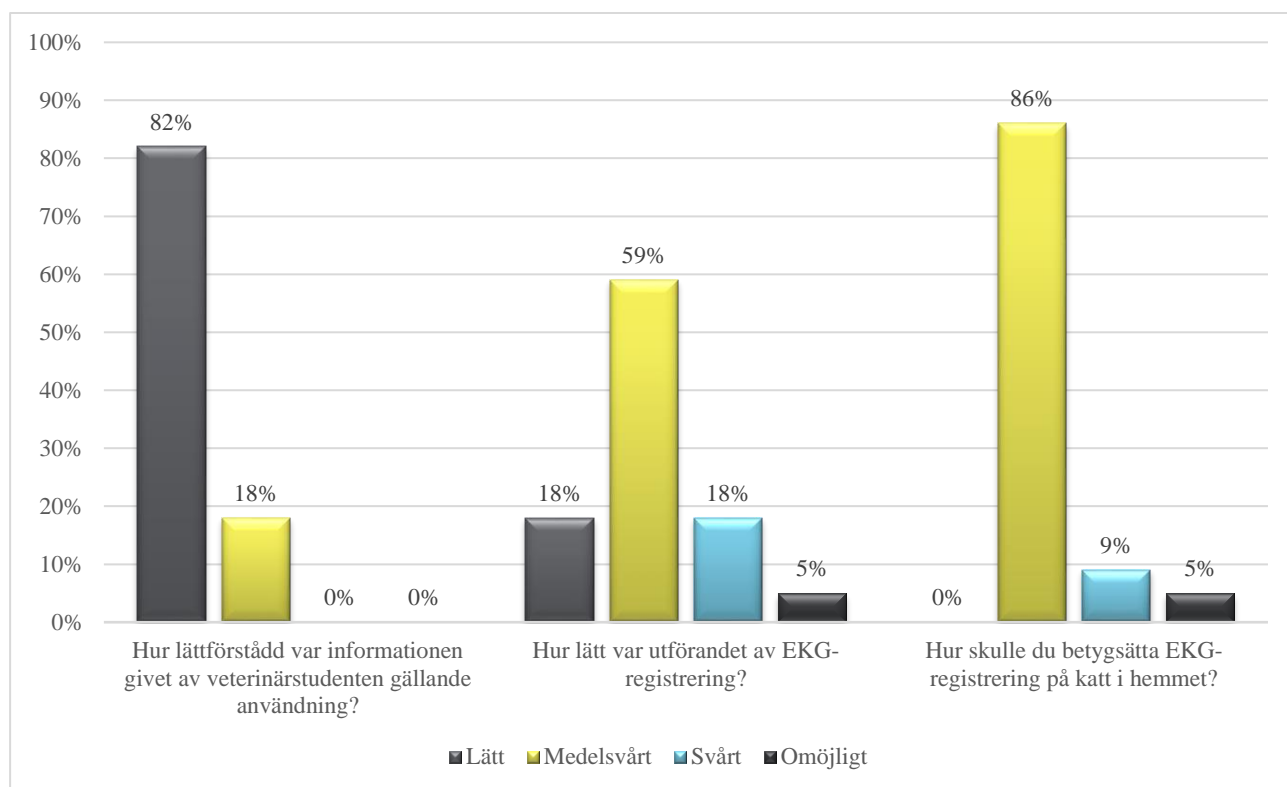


Figur 18. Endast en katt hade vid en registrering en prematur ventrikulär extrasystoli (VES).

Vid bedömning av hjärtrytmen utifrån EKG-registreringen på klinik hade 22/22 (100 %) av katterna sinusrytm.

### Utvärdering av användbarheten av KardiaMobile 1L

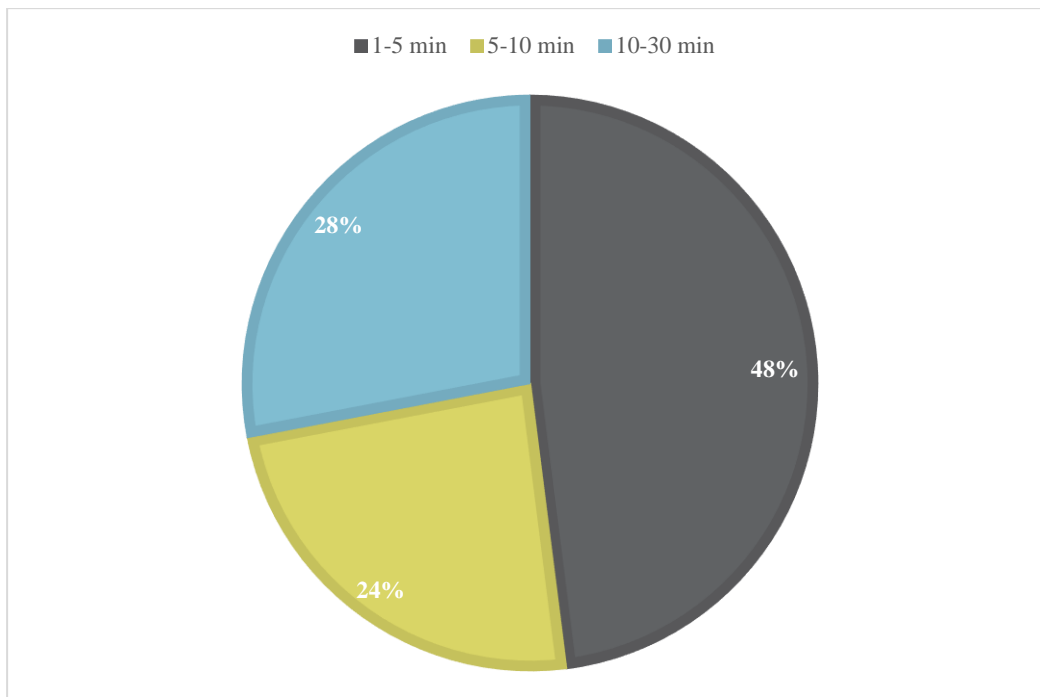
Utifrån frågeformuläret (se Bilaga 1) som fyllts i av respektive djurägare för utvärdering av användbarheten av KardiaMobile 1L för EKG-registrering på katt, sammanställdes svaren från fråga 1, 2 och 5 i stapeldiagrammet i Figur 19.



Figur 19. Sammanställning av resultat från frågeformuläret.

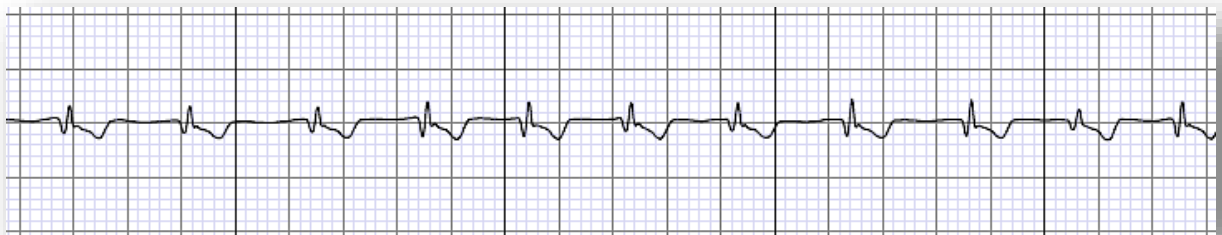
Frågeformuläret visade att 48 % av djurägarna klarade av registrering på egen hand, de återstående 52 % krävde ytterligare en person som medhjälpare. Tre av totalt elva djurägare (27 %) hade tekniska frågor kring registreringen till ansvarig veterinärstudent minst en gång under pågående EKG-registreringar. Tio (45 %) av katterna rakades (på bröstorgans vänstra sida över hjärtat) efter att djurägaren upplevt problem med att upprätthålla en godtagbar signal mellan KardiaMobile 1L och mikrofonen på smartmobilen och därmed en acceptabel EKG-registrering. Alla djurägarna till katter där rakning utfördes, upplevde att rakningen underlättade registreringen. Det fanns dock inget statistiskt samband mellan hur svårt ägaren upplevde att registrera ett acceptabelt EKG samt pälstyp (lång- eller korthårig) eller BCS. För 6 (27 %) av katterna rapporterade djurägaren om upplevda tekniska problem med signalen.

Den uppskattade tidsåtgången enligt djurägaren för varje enskild EKG-registrering sammanfattas i cirkeldiagrammet nedan i Figur 20.



Figur 20. Uppskattad tidsåtgång för EKG-registrering per tillfälle.

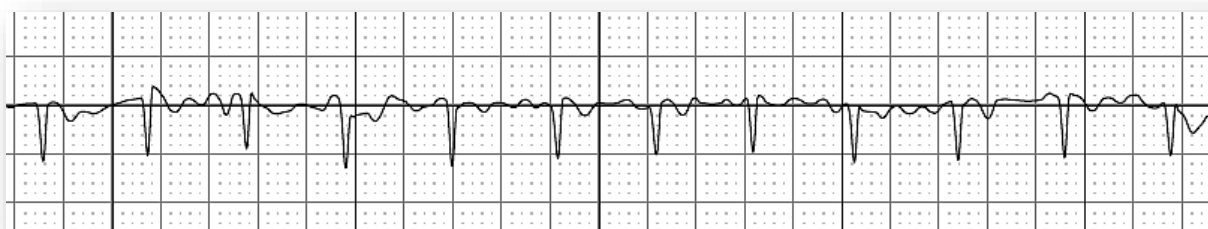
Kvaliteten på registreringarna kunde variera hos samma katt, där vissa registreringar kunde vara av god kvalitet medan andra var av sämre kvalitet. Nedan följer exempel på en EKG-registrering av god kvalitet (Figur 21). Därefter presenteras ett exempel på registrering med små komplex (Figur 22). På tio EKG-registreringar (7 %) sågs kontinuerligt inverterade QRS-komplex, från åtta olika katter, se Figur 23 för exempel. Tre (2 %) registreringar hade stundtals inverterade QRS-komplex från två olika katter.



Figur 21. Exempel på en EKG-registrering av god kvalitet.



Figur 22. *Exempel på en EKG-registrering med små komplex.*



Figur 23. *Exempel på EKG-registrering med kontinuerligt inverterade QRS-komplex.*

## DISKUSSION

EKG kunde registreras i hemmet hos 21 av totalt 22 katter. I 99 % av EKG-registreringarna där en beräknad hjärtfrekvens erhöles från applikationen, överensstämde denna med den manuellt uträknade hjärtfrekvensen. I flertalet av registreringarna bedömde Kardia-applikationen hjärtrytmen som ”möjligt förmaksflimmer”, vilket skiljde sig markant från den manuella tolkningen där över 90 % bedömdes ha en sinusrytm och resterande hade en respiratorisk sinusarytmi. Huvudparten av djurägarna fann informationen lättförstådd gällande användning av KardiaMobile 1L, samtidigt som de flesta djurägare fann det praktiska utförandet medelsvårt.

Överensstämmelsen mellan hjärtfrekvens mätt med Kardia-applikationen och manuellt beräknad hjärtfrekvens var mycket god: i 99 % av fallen överensstämde applikationens beräknade hjärtfrekvens med det manuellt beräknade värdet. Hjärtfrekvensen var signifikant högre på klinik jämfört med i hemmiljö i denna studie, vilket även visats i tidigare publicerade studier hos katt (Hamlin, 1989; se Goodwin, 1998; Parati *et al.*, 1998; Abbott, 2005; Quimby *et al.*, 2011). Därtill sågs ingen signifikant skillnad i hjärtfrekvensen mellan registreringstillfällena i hemmet. Möjligheten att vänja katten vid EKG-registrering i hemmiljö och se en signifikant minskning av hjärtfrekvensen är därmed delvis undersökt. Med en längre period av registreringar i hemmet än vad denna studie innefattade krävs för att utvärdera denna möjlighet fullständig.

Anledningen till den höga andelen (48 %) ”möjligt förmaksflimmer” misstänks dels kunna bero på att algoritmen i mjukvaran är frekvensberoende och förinställd för användning på människor. Det var endast hos en katt vid ett tillfälle, vid en hjärtfrekvens på 91 slag per minut, som applikationen klassificerade hjärtrytmen som ”normal”, vilket enligt bruksanvisningen är vid en hjärtfrekvens på 50–100 slag per minut (AliveCor, 2019). Vid upprättande av konto i Kardia-applikationen fylls kön, ålder samt längd i, vilket troligtvis också är inlagt i algoritmen som bedömer hjärtrytm. Bedömningen ”för kort” sågs hos alla registreringar som var kortare än 30 sekunder (applikationen är förinställd på att köra 30-sekunders avläsning, denna inställning kan dock ändras av användaren) (AliveCor, 2016). Sammantaget med att manuella tolkningen av EKG-registreringarna från katterna i studien visade att 91 % hade sinusrytm, bör applikationens bedömningar gällande hjärtrytm bedömas som icke tillförlitliga hos katt.

Gällande svårighetsgraden av det praktiska utförandet av EKG-registrering visade denna studie att 59 % av djurägarna fann det medelsvårt, 18 % svårt, 18 % lätt, och slutligen 5 % omöjligt att registrera EKG. På en motsvarande studie hos hund, visade resultatet istället att 94 % fann utförandet enkelt. Det är dock viktigt att poängtera att i studien inkluderades framförallt medelstora till stora hundar och AliveCor Veterinary Heart Monitor som är speciellt avsedd för djur användes i studien (Vezzosi *et al.*, 2018). I vår studie undersöktes istället användbarheten av KardiaMobile 1L som främst har tagits fram för humanbruk. Dessutom är det generellt svårare att utföra registrering på katter jämfört med hundar (Kraus *et al.*, 2016). Även svarsalternativen skiljer sig mellan studierna, eftersom hundstudien endast hade ja- eller nej-alternativ, medan vår kattstudie använde en fyrgradig skala (lätt, medelsvårt, svårt, omöjligt). Andelen djurägare som klarade registreringen på egen hand utan hjälp av andra i hemmet var snarlik i båda studierna, med 48 % i kattstudien respektive 55 % i hundstudien (Vezzosi *et al.*, 2018).

Informationen gällande utförandet av EKG-registrering med KardiaMobile 1L upplevde 82 % av djurägarna som lätt att förstå. Resterande 18 % svarade att informationen var medelsvår att förstå. Detta talar för en skillnad i den teoretiska förståelsen för användningen respektive det praktiska utförandet på egen hand i hemmet (se stycket ovan). I en motsvarande studie på hund, som undersökte användbarheten av AliveCor Veterinary Heart Monitor i hemmet, visade resultatet att 94 % av djurägarna upplevde att informationen var lättförstådd (Vezzosi *et al.*, 2018). Det finns viktiga aspekter att ta hänsyn till varför andelen skiljer sig. Bland annat att antalet svarsalternativ kan ha spelat en betydande roll, eftersom kattstudien hade en fyra gradig skala till skillnad från hundstudien med svarsalternativen ja eller nej. Dessutom upprepades demonstration av EKG-registrering flera gånger vid klinik i hundstudien, vilket skiljde sig från denna kattstudie där endast en demonstration genomfördes samt en instruktionsfilm skickades till respektive djurägare. I båda studierna inkluderades dock noggranna instruktioner och en demonstration av en EKG-registrering på kliniken (Vezzosi *et al.*, 2018), vilket därmed verkar hjälpa djurägaren att förstå hur tekniken ska användas.

Eftersom somliga djurägare (27 %) hade frågor om det tekniska utförandet under EKG-registrering i hemmet, efter besöket på djursjukhuset, och 27 % av katternas ägare upplevde svårigheter att upprätthålla signalen, kan detta indikera att produkten inte är helt optimal för katt. Detta kan dels tänkas bero på katternas päls (produkten är avsedd för att utföra registrering vid hudkontakt med fingrar). Päls har tidigare omnämnts kunna vara en orsak till problem med kvaliteten på EKG-registrering på hund (Vezzosi *et al.*, 2018), vilket följaktligen lär gälla för samtliga pälsbeklädda djur. I studien på hund var alla de långhåriga hundarna rakade på området över hjärtat inför EKG-registrering (Vezzosi *et al.*, 2018). Detta till skillnad från i denna studie där alla långhåriga katterna (en birma, en ragdoll och fyra maine coon) var orakade, medan tio (45 %) korthåriga huskatter rakades (på grund av svårigheter att upprätthålla en godtagbar signal). Samtliga av djurägarna upplevde att rakningen underlättade för EKG-registreringen. Detta kan indikera att pälsens täthet, kanske i större utsträckning än längd, spelade en betydande roll för möjligheten att upprätthålla en god signal vid registreringen. Eventuellt kan det underlätta med längre päls vid registrering eftersom det troligtvis är lättare att kamma en bena i pälsen på en långhårig än en korthårig katt, men detta undersöktes ej i denna studie.

Den förhållandevis låga elektriska aktivitet som katten generar under hjärtdepolariseringar leder till QRS-komplex med låg amplitud, vilket kan ha bidragit till den ovan beskrivna svårigheten att upprätthålla en godtagbar signal, i denna såväl som i andra studier (Kraus *et al.*, 2016). Detta kan i sin tur resultera i att djurägaren får upprepa registreringarna och därmed upplever större svårigheter vid det praktiska utförandet, vilket sågs i denna studie då de djurägare som upplevde registreringen som svår hade problem med små komplex eller upprätthållande av signalen. I Kardia-applikationen var det dessutom inte möjligt att ändra amplituden på QRS-komplexen, vilket ytterligare begränsar möjligheten till godtagbara komplex och därmed tolkning av EKG. Enligt instruktionsmanualen till AliveCor Veterinary Heart Monitor gäller samma inställningar för AliveECG Vet App (applikationen för den veterinära varianten) (AliveCor, 2012). Vid egen användning av AliveCor Veterinary Heart Monitor upptäcktes möjligheten att ändra mm/s. Alternativ som fanns tillgängliga är 12,5, 25 och 50mm/s, dock har denna information ej beskrivits i instruktionsmanualen (AliveCor, 2012). Det bör även tilläggas att vid upprepade registreringar finns risk att katten upplever proceduren som stressande och får en förhöjd

hjärtfrekvens. Detta ger till följd att möjligheten att bedöma hjärtfrekvensen under mindre stressade förhållanden i hemmet då går förlorad.

En potentiell möjlighet för att öka antalet optimala EKG-registreringar i studien hade varit längre tid inbokad för respektive katt vid det kliniska besöket. Det fanns endast utrymme att göra en demonstration av EKG-registrering med KardiaMobile 1L. Med möjligheten för djurägaren att själva upprepa EKG-registreringen flertalet gånger under uppsikt av ansvarig veterinärstudent och handledare, hade kanske möjligheten till optimala EKG-registreringar ökat. Dock avspeglar den korta tiden per katt verkligen i den kliniska verksamheten.

Denna studie har vissa begränsningar. Först och främst deltog ett relativt litet antal katter (22), varav 1 katt exkluderas från EKG-registrering i hemmet på grund av att det inte var möjligt att utföra registreringen på denna individ. En större studiepopulation kan stärka de statistiska analyserna liksom slutsatserna.

Eftersom denna studie undersökte en population med kliniskt friska katterna, förekom endast två typer av hjärtrytmrubbningar (respiratorisk sinusarytmi och en prematur ventrikulär extrasystoli). Det kan vara av intresse för framtida forskning att undersöka en population av katter med diagnostiserade hjärtrytmrubbningar för att utvärdera möjligheten att utläsa dem på EKG-registreringar.

## **KONKLUSION**

EKG-registrering med AliveCor KardiaMobile 1L har förhållandevis god användbarhet för monitorering av hjärtfrekvens och hjärtrytm på katt i hemmet utfört av djurägare. Registreringarna har dock förhållandevis små amplituder och vissa katter kan behöva rakas för att upprätthålla god kontakt mellan EKG enheten och huden. Överensstämmelsen mellan den automatiska och manuella beräkningen av hjärtfrekvensen är hög, men algoritmen är emellertid ej tillförlitlig hos katt vid bedömning av hjärtrytm. Tolkning av EKG bör därför utföras manuellt. Hjärtfrekvensen hos katterna som undersöktes var signifikant högre vid undersökning på klinik, jämfört med vid undersökning i hemmiljö.

## POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

Vid en veterinärundersökning av en katt är mätning av antalet hjärtslag per minut (hjärtfrekvensen) en viktig klinisk variabel. Den ger information om hur patienten mår, eftersom det finns många medicinska orsaker till antingen en högre eller lägre hjärtfrekvens än vad som anses vara normalt. I en undersökningssituation på klinik slår katters hjärta ofta väldigt fort, eftersom de generellt känner sig stressade i den miljön. Detta riskerar i sin tur att leda till att den beräknande hjärtfrekvensen (hjärtslag/min) blir hög. Genom att lyssna över hjärtat med ett stetoskop kan en oregelbunden hjärtrytm (hjärtslagens regelbundenhet) höras, och i förekomna fall är det är viktigt att undersöka betydelsen av rytmrubbningen för kattens hälsa.

Det finns olika sätt att utvärdera hjärtfrekvens och hjärtrytm på en katt: genom att lyssna på bröstkorgen över kattens hjärta med ett stetoskop, känna hjärtslagen med händerna på bröstkorgen eller genom att utvärdera en elektrokardiogram-registrering (EKG-registrering). Ett EKG mäter hjärtats elektriska aktivitet och utifrån de kurvor som registreras kan frekvens och rytm utvärderas. Eftersom katter, som ovan nämnt, ofta är stressade på kliniken kan potentiellt stressen ha en inverkan på hjärtfrekvens och hjärtrytm.

Denna studie undersökte användbarheten hos ett system för trådlös EKG-registrering, AliveCor KardiaMobile 1L. KardiaMobile 1L är en fristående handhållen enhet som kopplas till en smartmobil via applikationen Kardia. Studiens syfte var att utvärdera hjärtfrekvensen och hjärtrytmen i hemmiljö hos katt med detta system. Förutom detta undersöktes om det var någon skillnad i hjärtfrekvens och hjärtrytm vid klinik respektive i hemmet. Avslutningsvis var syftet att undersöka om mjukvarans algoritm är tillförlitlig vid bedömning av hjärtrytm.

I studien deltog 22 kliniskt friska katter. I 108 av 126 (86 %) av EKG-registreringarna räknade Kardia-applikationen ut en automatisk hjärtfrekvens, som till 99 % överensstämde med den manuellt beräknade. KardiaMobile 1L har en programvara med en algoritm som bedömer hjärtrytmen. Vid den manuella bedömningen av hjärtrytmen hade 115/126 registreringar (91 %) en regelbunden hjärtrytm. Algoritmen gav istället helt andra resultat, som skulle tyda på en eventuell oregelbunden hjärtrytm. Statistiskt sätt var hjärtfrekvensen signifikant högre vid klinik än i hemmiljö hos katt, vilket också har påvisats i tidigare litteratur.

Djurägarna fick svara på en enkät rörande hur de upplevde användbarheten av systemet (se Bilaga 1). Den visade följande resultat: 82 % upplevde att den givna informationen gällande användningen av KardiaMobile 1L var lätt att förstå, men 59 % ansåg att det praktiska utförandet vara medelsvårt. Detta visade på en skillnad i den teoretiska förståelsen för användningen och svårigheten vid det praktiska utförandet på egen hand i hemmet.

Hos 6 (27 %) av katterna rapporterade djurägaren om upplevda tekniska problem med signalen mellan KardiaMobile 1L och mikrofonen på smartmobilen. Nästan hälften av katterna rakades på bröstkorgens vänstra sida över hjärtat, efter att djurägaren haft svårigheter att upprätthålla en godtagbar signal. Alla dessa djurägare tyckte att det underlättade för EKG-registreringen.

Slutsatserna i denna studie var att AliveCor KardiaMobile 1L har en förhållandevis god användbarhet hos katt och kan fungera vid EKG-registrering på katt om hjärtfrekvensen och



hjärtrytmen skall undersökas i hemmet. Programvarans algoritm för bedömning av hjärtrytmen är emellertid inte tillförlitlig hos katt, och rytmen bör därför utvärderas manuellt. Hjärtfrekvensen var betydligt högre på klinik än i hemmiljö på katt.

## REFERENSER

- Abbott, J.A. (2005). Heart rate and heart rate variability of healthy cats in home and hospital environments. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, doi: 10.1016/j.jfms.2004.12.003. [2019-09-19]
- Achten, J. & Jeukendrup, A.E. (2003). Heart rate monitoring. *Sports Medicine*, doi: 10.2165/00007256-200333070-00004. [2019-10-08]
- Acierno, M.J., Brown, S., Coleman, A.E., Jepson, R.E., Papich, M., Stepien, R.L. & Syme, H.M. (2018). ACVIM consensus statement: guidelines for identification, evaluation, and management of systemic hypertension in dogs and cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, doi: 10.1111/jvim.15331. [2019-12-17]
- AliveCor (2012). *AliveCor User Manual Veterinary Heart Monitor*. [https://www.woodleyequipment.com/images/products/iphone\\_ecg\\_user\\_manual.pdf](https://www.woodleyequipment.com/images/products/iphone_ecg_user_manual.pdf) [2019-12-11]
- AliveCor (2016-11-18). *User Manual for Kardia™ by AliveCor®*. <https://www.alivecor.com/previous-labeling/kardia/08LB12.3.pdf> [2019-12-11]
- AliveCor. (2019-05). *KardiaMobile-systemet från AliveCor® - Bruksanvisning*. <https://www.alivecor.com/ifus/kardiamobile/02LB68.1-sv.pdf> [2020-01-10]
- Bagley, R.S. (2005). Fundamental concepts of clinical neuroanatomy. I: Bagley, R.S. (ed). *Fundamentals of Veterinary Clinical Neurology*. 1. ed. Ames, Iowa: Blackwell Publishing, 3-40.
- Belew, A.M., Barlett, T. & Brown, S.A. (1999). Evaluation of the white-coat effect in cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 13:134-142.
- Besterman, E. & Creese, R. (1979). Waller - pioneer of electrocardiography. *British Heart Journal*, 42:61-64.
- Bruining, N., Caiani, E., Chronaki, C., Guzik, P., van der Velde, E. & Task Force of the e-Cardiology, Working Group. (2014). Acquisition and analysis of cardiovascular signals on smartphones: potential, pitfalls and perspectives. *European Journal of Preventive Cardiology*, 21(2):4-13.
- Cope, Z. (1973). Augustus Desiré Waller (1856-1922). *Medical History*, 17:4.
- Cunningham, J.G. & Klein, B.G. (2007a). Electrical activity of the heart. I: Cunningham, J.G., Klein, B.G (ed). *Textbook of Veterinary Physiology*. 4. ed. Saint Louis: Elsevier, 193-212.
- Cunningham, J.G. & Klein, B.G. (2007b). Introduction to the nervous system. I: Cunningham, J.G., Klein, B.G (ed). *Textbook of Veterinary Physiology*. 4. ed. Saint Louis: Elsevier, 60-65.
- Cunningham, J.G. & Klein, B.G. (2007c). The autonomic nervous system and adrenal medulla. I: Cunningham, J.G., Klein, B.G (ed). *Textbook of Veterinary Physiology*. 4. ed. Saint Louis: Elsevier, 136-144.
- Cunningham, J.G. & Klein, B.G. (2007d). The electrocardiogram. I: Cunningham, J.G., Klein, B.G (ed). *Textbook of Veterinary Physiology*. 4. ed. Saint Louis: Elsevier, 213-225.
- Dyce, K.M., Sack, W.O. & Wensing, C.J.G. (2010a). The cardiovascular system. *Textbook of Veterinary Anatomy*. 4. ed. Saint Louis: Elsevier, 230-231.
- Dyce, K.M., Sack, W.O. & Wensing, C.J.G. (2010b). The nervous system. *Textbook of Veterinary Anatomy*. 4. ed. Saint Louis: Elsevier, 268-331.
- Ettinger, S.J. (2005). *Textbook of Internal Veterinary Medicine*. Saint Louis: Elsevier.

- Goodwin, J.K. (1998). Holter monitoring and cardiac event recording. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practise*, doi: 10.1016/S0195-5616(98)50128-3. [2019-09-23]
- Hamlin, R.L. (1989). Heart rate of the cat. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 25:284.
- Hanås, S., Tidholm, A., Egenvall, A. & Ström Holst, B. (2009) Twenty-four hour Holter monitoring of unsedated healthy cats in home environment. *Journal of Veterinary Cardiology*, 11:17-22.
- Hanås, S., Tidholm, A. & Ström Holst, B. (2017). Ambulatory electrocardiogram recordings in cats with primary asymptomatic hypertrophic cardiomyopathy. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 19:158-164.
- Holter, N.J. & Gengerelli, J.A. (1949). Remote recording of physiological data by radio. *Rocky Mountain Medical Journal*, 46(9):747-51.
- Holter, N.J. (1961). New method for heart studies. *Science*, 134:1214-1220.
- Häggström, J., Andersson, Å.O., Falk, T., Nilsfors, L., Olsson, U., Kresken, J.G., Höglund, K., Rishniw, M., Tidholm, A. & Ljungvall, I. (2016). Effect of body weight on echocardiographic measurements in 19,866 pure-bred cats with or without heart disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, doi: 10.1111/jvim.14569. [2019-09-26]
- iBeat. (2019). *How to record a clean EKG with KardiaMobile*. <https://ibeat.no/hvordan-virker-det> [2019-12-01]
- Kennedy, H.L. (2006). The history, science, and innovation of Holter technology. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 11:85-94.
- Kraus, M.S., Gelzer, A.R. & Rishniw, M. (2016). Detection of heart rate and rhythm with a smartphone-based electrocardiograph versus a reference standard electrocardiograph in dogs and cats. *Journal of the American Medical Association*, doi: 10.2460/javma.249.2.189. [2019-09-25]
- Laukkanen, R.M.T. & Virtanen, P.K. (1998). Heart rate monitors: state of the art. *Journal of Sports Science*, doi: 10.1080/026404198366920. [2019-10-08]
- MacInnis, H.F. (1954). The clinical application of radioelectrocardiography. *The Canadian Medical Association Journal*, 70:574-576.
- Mangoni, M.E. & Nargeot, J. (2008). Genesis and regulation of heart automaticity. *Physiological Reviews*, 88:919-982.
- Manios, E.D., Koroboki, E.A., Tsivgoulis, G.K., Spengos, K.M., Spiliopoulou, I.K., Brodie, F.G., Vemmos, K.N. & Zakopoulos, N.A. (2008). Factors influencing white-coat effect. *American Journal of Hypertension*, doi: 10.1038/ajh.2007.43. [2019-10-08]
- Nelson, R.W. & Couto, C.G. (2005) *Manual of Small Animal Internal Medicine*. 2. ed. Saint Louis: Elsevier.
- Nelson, R.W. & Couto, C.G. (2009) *Small Animal Internal Medicine*. 4. ed. Saint Louis: Elsevier.
- Parati G., Ulian, L., Santucci, C., Omboni, S. & Mancia, G. (1998). Difference between clinic and daytime blood pressure is not a measure of white coat effect. *Hypertension*, 31: 1185–1189.
- Quimby, J.M., Smith, M.L. & Lunn, K.F. (2011). Evaluation of the effects of hospital visit stress on physiologic parameters in the cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 13: 733-737
- Royal Canin. (2019). *Body Condition Score > Feline*. <https://ontariospca.ca/wp-content/uploads/2019/03/Royal-Canin-Cat-Body-Condition-Chart.pdf> [2019-11-06]

- Sjaastad, O.V., Sand, O. & Hove, K. (2012). *Physiology of Domestic Animals*. 2. ed. Olso: Scandinavian Veterinary Press.
- Smith, S. & Dukes-McEwan, J. (2012). Clinical signs and left atrial size in cats with cardiovascular disease in general practice. *Journal of Small Animal Practice*, 53:27-33.
- Tilley, L.P., Smith, F., Oyama, M. & Sleeper, M. (2008). Electrocardiography. I: Tilley, L.P., Smith, F. (ed). *Manual of Canine and Feline Cardiology*. 4. ed. Saint Louis: Elsevier, 49-77.
- Tomos, I., Karakatsani, A., Manali, E.D. & Papiris, S.A. (2016). Celebrating two centuries since the invention of the stethoscope. René Théophile Hyacinthe Laennec (1781-1826). *Annals of the American Thoracic Society*, doi: 10.1513/AnnalsATS.201605-411PS. [2019-09-30]
- Vezzosi, T., Tognetti, R., Buralli, C., Marchesotti F., Patata, V., Zini, E. & Domenech, O. (2018). Home monitoring of hear rate and heart rhythm with a smartphonebased ECG in dogs. *The Veterinary Record*, doi: 10.1136/vr.104917. [2019-09-23]
- Waller, A.D. (1887). A demonstration on man of electromotive changes accompanying the heart's beat. *The Journal of Physiology*, 8:229-234.
- Ware, A.W. (1999). Twenty-four-hour ambulatory electrocardiography in normal cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 13:175-180.

## **BILAGA 1**

### **Frågeformulär – stryk under bästa svarsalternativ**

1. Hur pass lätt var det att förstå informationen gällande användningen av EKG-registreringen i hemmiljö givet av veterinärstudenten?

Lätt/medelsvårt/svårt/omöjligt

2. Hur pass lätt var utförande av EKG-registrering med hjälp av AliveCor?

Lätt/medelsvårt/svårt/omöjligt

3. Hur lång tid uppskattade du att EKG-registreringen tog per tillfälle?

Svara i minuter:

4. Kunde EKG-registreringen utföras på egen hand eller krävdes hjälp?

Jag klarade att göra det på egen hand/jag behövde en person som hjälp/  
det krävdes mer än 2 personer

5. Hur skulle du betygsätta användning av EKG-registrering på katt i hemmiljö?

Lätt/medelsvårt/svårt/omöjligt

6. Har du övriga kommentarer du vill att jag skall ta del av?

Svar: